

# LH-모멘트법에 의한 Generalized Extreme Value 분포의 매개변수와 설계홍수량 추정

이순혁\*, ○맹승진\*\*, 류경식\*\*\*, 지호근\*\*\*

## I. 서론

수리구조물의 설계, 운영, 관리 및 개·보수 측면에서 그리고, 농업용수를 비롯한 각종 산업용수의 개발을 위한 댐 및 저수지의 물넘이 단면결정, 하천제방 및 개·보수사업, 배수시설의 용량결정 등에 있어서 우선적으로 설계홍수량이 필수적으로 제시되어야만 한다.

따라서, 본 연구에서는 장기간의 홍수 관측기록과 신빙성 있는 자료를 보유한 유역들을 선정하여 적절한 설계홍수량을 유도하고자 한다. 이를 위해서는 우선적으로 대상유역의 홍수자료에 대한 동질성, 독립성 및 Outlier 검정을 시도하고 LH-모멘트의 차수가 0, 1, 2, 3, 및 4인 L, L1, L2, L3 및 L4-모멘트비도와 Kolmogorov-Smirnov 검정에 의해 Generalized extreme value(GEV) 분포의 적합성을 판정한다. 실측치와 모의발생된 자료를 대상으로 LH-모멘트의 차수 변화에 따른 L, L1, L2, L3 및 L4-모멘트법(LH-모멘트법)에 의한 GEV 분포형의 매개변수와 설계홍수량을 유도하고자 한다.

## II. 기본수문자료

본 연구의 분석을 위해 선정된 대상유역은 우리나라 수위관측소들 중에서 관측기록년수가 20년 이상이고, 수위-유량 곡선식이 검증된 금강수계의 규암, 공주, 영산강수계의 마륵 및 섬진강수계의 송정, 압록, 적성유역이다. 선정된 각 유역별로 설계홍수량 유도를 위해 해당 유역의 연최고치 자료를 사용하였다. 대상유역의 유역면적 범위는 684.0 ~ 8,261.2km<sup>2</sup>이며, 주하천장, 하천평균폭 및 형상계수의 범위는 각각 56.0 ~ 338.1km, 11.51 ~ 338.1km 및 0.093 ~ 0.218이다.

---

\* 충북대학교 농과대학 농공학과 교수

\*\* 한국수자원공사 수자원연구소 연구원

\*\*\* 충북대학교 농과대학 농공학과 박사과정

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 사용수문자료의 기본통계치 분석

규암, 공주, 마륵, 송정, 압록 및 적성유역에 대한 평균치, 표준편차, 왜곡도계수, 변동계수 및 첨예도의 기본통계치를 각 유역별로 구하였다. 대상유역 전반에 걸쳐 평균치와 표준편차는 각각 333.06 ~ 3,254.98 및 197.26 ~ 1,945.43의 범위를, 왜곡도계수와 변동계수는 각각 -0.062 ~ 1.561 및 0.512 ~ 0.598의 범위를 그리고 첨예도는 1.538 ~ 5.106의 범위를 나타내었다.

#### 2. 연최대홍수량의 독립성, 동질성 검정 및 Outlier 검정

대상유역별 연최대홍수량의 독립성 및 동질성 검정을 각각 Wald-Wolfowitz Test 및 Mann-Whitney Test 검정법에 의해 실시하였으며, 본 분석에서 적용된 각 유역의 연최대홍수량자료에 대한 독립성 및 동질성 검정에 대한 결과에서 대상유역의 연최고치 자료에 관한 독립성과 동질성이 인정되었다.

일련의 수문자료계열에서 자료의 일반적인 균형분포의 상태에서 훨씬 위나 또는 아래로 격리되는 Data Point를 나타내는 Outlier의 유발로 인해 부적절한 통계학적 매개변수의 유도로서 설계수문량의 제시에 불확실성을 초래하게 된다. 이에 본 분석에서는 Grubbs-Beck에 의한 검정법을 사용하여 Outlier의 유무를 검정하였다.

본 분석에 적용된 유역의 연최대홍수량자료에 대한 검정결과, 전 유역에 걸쳐 High Outlier 및 Low Outlier가 없음이 확인되었다.

이상의 결과에서 보건데 독립성, 동질성 및 Outlier 검정 결과 대상유역의 연최고치 자료에 관한 독립성과 동질성이 인정됨과 동시에 연최고치 자료의 균형분포에서 상하로 격리되는 Outlier가 없음이 검정되므로써 수문자료로서 분석 타당성이 인정되었다.

#### 3. 적합도 검정

##### 가. Kolmogorov-Smirnov(K-S) 검정에 의한 적합도 검정

L, L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에 따른 GEV 분포형에 대한 적합도 판정은 K-S 검정을 이용하였으며 각 유역에 대한 결과를 보면 대상유역 전반에 걸쳐 GEV 분포형에 대한 적합도가 인정되었다.

##### 나. LH-모멘트비도에 의한 GEV 분포형의 적합성 판별

대상유역들의 연최대홍수량에 대한 GEV 분포형의 적합성 판별은 LH-모멘트비인 L, L1, L2, L3 및 L4-모멘트비의 산정과 함께 LH-모멘트비도인 L, L1, L2, L3 및 L4-모멘트비도를 도시함으로써 이루어질 수 있다.

따라서 본 분석에서 사용된 GEV 분포형의 L, L1, L2, L3 및 L4-왜곡도(LH-skewness)와 L, L1, L2, L3 및 L4-첨예도(LH-kurtosis)의 관계인 L, L1, L2, L3 및 L4-모멘트비도를 도시하고, 각 대상 유역별 연최대홍수량의 L, L1, L2, L3 및 L4-왜곡도와 L, L1, L2, L3 및 L4-첨예도를 구하여 L, L1, L2, L3 및 L4-모멘트비도를 작성함으로써 이를 근거로 GEV 분포형의 적합성을 판정한다.

대상유역에 대한 연최대홍수량의 L, L1, L2, L3 및 L4-모멘트비인 L, L1, L2, L3 및 L4-왜곡도와 L, L1, L2, L3 및 L4-첨예도를 구하였으며, 대상유역별로 구해진 LH-모멘트비와 LH-모멘트비의 평균값을 LH-모멘트비도를 표본 예로 L, L2 및 L4-모멘트비도만을 도시한 결과는 Fig. 1 ~ Fig. 3과 같다.

Fig. 1 ~ Fig. 3에 나타난 바와 같이 대상유역별 연최대홍수량계열인 6개의 L, L2 및 L4-왜곡도와 L, L2 및 L4-첨예도의 무차원 L, L2 및 L4-모멘트 플로팅 위치선점이 GEV 분포형의 곡선에 고루 산재해 있어 있음을 볼 수 있다. 이러한 현상은 L1 및 L3-모멘트비도에서도 동일하게 나타났다.

결론적으로, 대상유역별 연최대홍수량에 L, L1, L2, L3 및 L4-모멘트법을 적용하여 L, L1, L2, L3 및 L4-모멘트비를 플로팅한 결과 GEV 분포형이 적절한 확률분포형으로 나타났다.

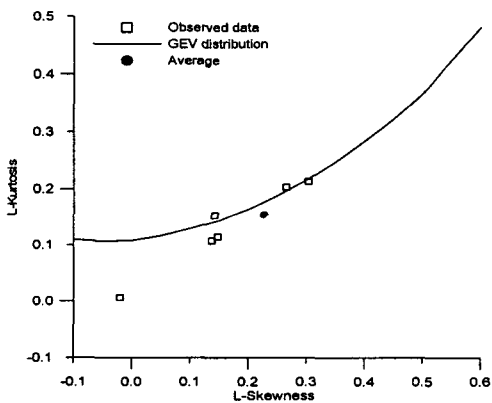


Fig. 1. Identification of distributions by L-skewness and L-kurtosis

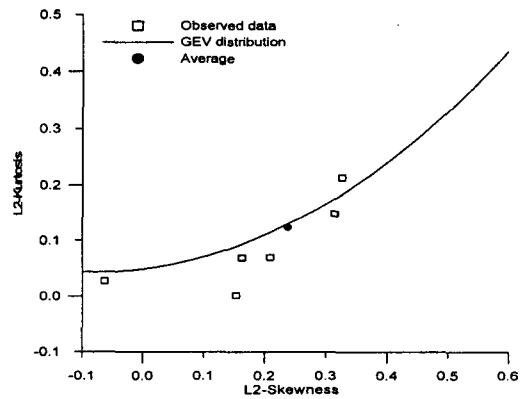


Fig. 2. Identification of distributions by L2-skewness and L2-kurtosis

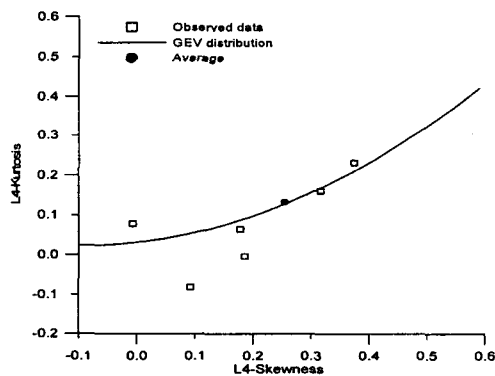


Fig. 3. Identification of distributions by L4-skewness and L4-kurtosis

#### 4. GEV 분포형의 매개변수 및 설계홍수량 추정

GEV 분포형의 매개변수인 척도매개변수,  $\alpha$  위치매개변수,  $\xi$  및 형상매개변수,  $k$ 를 유역별로 L, L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에 의해 구하였고 추정된 매개변수에 의해 설계홍수량을 유도하였다.

5. LH-모멘트법에 의해 추정된 설계홍수량의 비교

L, L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에 의해 추정된 GEV 분포형의 매개변수를 사용하여 대상유역별로 설계홍수량을 유도하였고 이들의 비교를 위해, 대상유역의 빈도별 설계홍수량과 실측치를 Gringorten 플로팅 위치선법에 의해 Gumbel 확률지상에 도시하였다. 표본 예로 공주, 마륙, 송정 및 압록유역을 대상으로 도시한 결과는 Fig. 4 ~ Fig. 7과 같다.

Fig. 4 ~ Fig 7의 결과를 보면, LH-모멘트법에 의해 유도된 빈도별 설계홍수량은 LH-모멘트의 차수가 증가할수록 실측치에 접근하는 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 타 유역에서도 동일하게 나타났다.

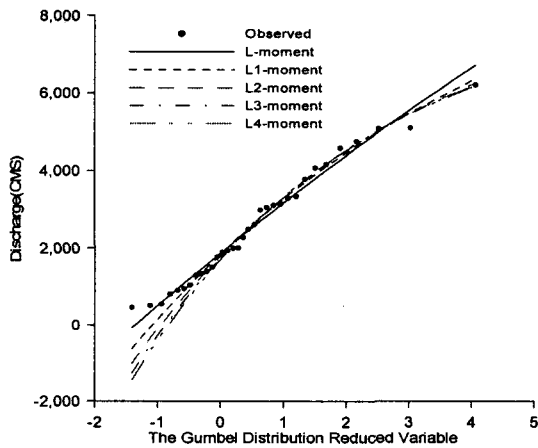


Fig. 4. Comparison of design floods estimated using method of LH-moment with Gringorten plotting position at Gongju watershed of Geum river

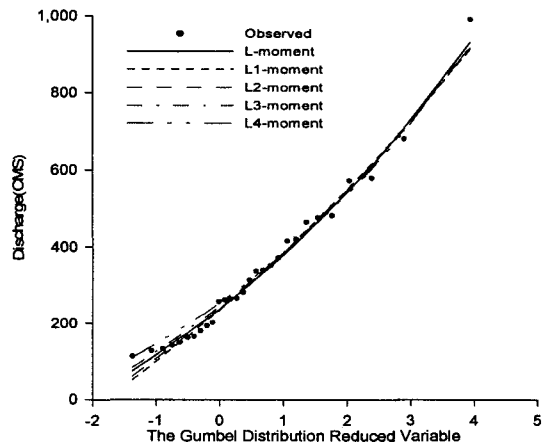


Fig. 5. Comparison of design floods estimated using method of LH-moment with Gringorten plotting position at Mareuk watershed of Youngsan river

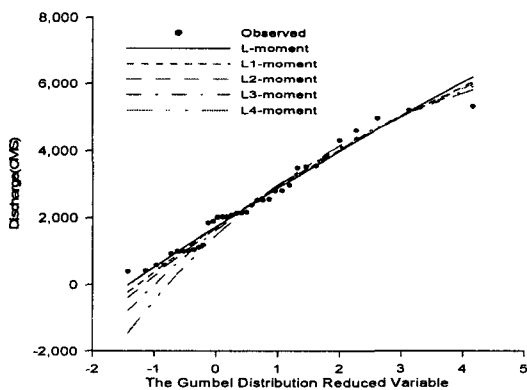


Fig. 6. Comparison of design floods estimated using method of LH-moment with Gringorten plotting position at Songjung watershed of Seomjin river

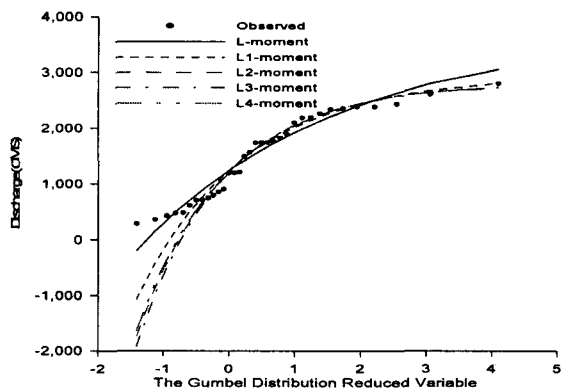


Fig. 7. Comparison of design floods estimated using method of LH-moment with Gringorten plotting position at Abrog watershed of Seomjin river

#### IV. 결론

본 연구에서는 우리나라의 유역에서 장기간 신빙성 있는 홍수 관측 자료를 선정하여 연최대홍수량 계열을 구성하고 GEV 분포형을 선정하여 LH-모멘트법의 차수변화에 따른 L, L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에 의해 매개변수를 추정한다. 이어서, L, L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에 의해 유도된 빈도별 설계홍수량을 산정하였다.

1. 대상유역별 연최대홍수량 자료에 관한 Wald-Wolfowitz의 독립성 검정과 Mann-Whitney의 동질성 검정 및 Grubbs-Beck의 Outlier 검정을 수행한 결과 이의 분석 타당성이 인정되었다.

2. 대상유역의 연최대홍수량에 대한 적합도 검정을 위해 본 연구에서 개발된 L, L1, L2, L3 및 L4-모멘트비도와 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시한 결과 GEV 분포형이 적정한 것으로 검정되었다.

3. 대상유역별로 LH-모멘트의 차수변화에 의한 L, L1, L2, L3 및 L4-모멘트법에 의해 GEV 분포형의 매개변수와 빈도별 설계홍수량을 산정하였다.

4. 대상유역의 빈도별 설계홍수량과 실측치를 Gringorten 플로팅 포지션법에 의해 Gumbel 확률지상에 도시한 결과, LH-모멘트의 차수가 증가할수록 LH-모멘트법에 의해 유도된 빈도별 설계홍수량이 실측치에 접근하였다.

5. 향후, LH-모멘트의 차수가 커질수록 빈도별 설계홍수량이 실측치에 접근하는 것에 대한 분석과 고찰을 통해, 합리적인 설계홍수량을 제시할 수 있는 LH-모멘트의 차수 결정에 관한 연구가 수행되어야 할 것이다.

#### 참고문헌

한국수자원공사, (1998) 기존댐용수공급능력조사 보고서.

한국수자원공사, (1999) 기존댐용수공급능력조사 보고서.

Wang, Q. J., (1997a) "LH Moments for Statistical Analysis of Extreme Events", *Water Resources Research*, Vol. 33, No. 12, pp. 2841~2848.

Wang, Q. J., (1997b) "Using Higher Probability Weighted Moments for Flood Frequency Analysis", *Journal of Hydrology*, 194, pp.95~106.

World Meteorological Organization, (1989) *Statistical Distributions for Flood Frequency Analysis*, pp. A4.1~A4.14.